Über Heliotropismus im Bakterienlichte

von

Hans Molisch,

c. M. k. Akad.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. XLI der zweiten Folge.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 6. März 1902.)

Seit mehreren Jahren beschäftigen mich Untersuchungen über die Lichtentwickelung durch die Pflanze. Leuchtende Bakterien verschiedener Art und höhere leuchtende Pilze in Reinculturen stehen mir täglich zu Gebote. Heute noch bildet es für mich eine Augenweide, nachts den Dunkelschrank zu öffnen und das eigenartige Licht, das den verschiedenen Culturgefäßen entströmt, betrachten zu können.

Ein relativ intensives Licht sendet eine Bakterie aus, die das spontane Leuchten des Schlachtviehfleisches (Rind-, Kalb-, Pferde- und Schweinefleisch) hervorruft und die von Cohn seinerzeit als *Micrococcus phosphoreus* bezeichnet wurde.

In nicht ferner Zeit wird an einem anderen Orte die Biologie dieser interessanten Bakterie von mir veröffentlicht und auch angegeben werden, wie man sich diese verschaffen kann. Dieser Schizomycet leuchtet in jungen Strichculturen auf alkalischer Fleischpeptongelatine, die in üblicher Weise bereitet und mit 3% Kochsalz versetzt wurde, so brilliant in bläulichgrünem Lichte, dass man dasselbe schon am Tage im Schatten eines Zimmers oder einfach durch den Rock beschattet wahrnimmt. Mit wohl ausgeruhtem und an die Finsternis gewöhntem Auge sieht man bei einer Strichcultur die Zeiger einer Taschenuhr oder groben Druck.

Über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanze sind wir besonders durch die Versuche von Wiesner[1] und Figdor[2] genau unterrichtet. Wir verdanken Wiesner einen Versuch, der uns lehrt, dass der Wickenkeimling auf verschiedene Lichtintensität empfindlicher reagiert als unser Auge. Stellt man zwischen zwei, etwa drei Meter voneinander entfernte Gasflammen, welche mittels eines Bunsen'schen Photometers auf gleiche Helligkeit gebracht wurden, genau in die Mitte einen etiolierten Wickenkeimling, so wendet sich der Keimling einer Flamme zu. Bei mehrmaliger Wiederholung krümmt sich die Wicke stets derselben Flamme zu, weil diese eine etwas größere Helligkeit besitzt. Diese Helligkeitsdifferenz wird von dem menschlichen Auge nicht mehr erkannt, wohl aber von der Wicke.

Im Anschluss an diesen und ähnliche Versuche hat später Figdor zahlreiche genaue Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit verschiedener Sonnen- und Schattenpflanzen angestellt und dargethan, dass die Pflanzen sich zwar darin sehr verschieden verhalten, aber schon auf sehr geringe Helligkeiten einer Gasflamme reagieren. So werden nach Figdor Keimlinge mancher Pflanzenarten bereits durch eine Helligkeit zu heliotropischen Krümmungen veranlasst, welche einer Intensität entspricht, die unter der von 0·0003262 Normalkerzen liegt.[3]

In Anbetracht dieser außerordentlichen Empfindlichkeit für Licht schien es mir nicht unwahrscheinlich, dass auch das von Bakterien ausstrahlende Licht Heliotropismus hervorrufen könnte. Versuche, die ich in dieser Richtung hauptsächlich mit *Micrococcus phosphoreus* und anderen Leuchtbakterien anstellte, bestätigten vollauf diese Vermuthung und lieferten ein über alles Erwarten günstiges Resultat.

---

[1] Wiesner J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschriften der mathem.-naturw. Cl. der kaiserl. Akad. der Wissenschaften zu Wien. XXXIX. Bd. (1878), I. Theil, S. 43 des Separatabdr.

[2] Figdor W., Versuche über die heliotropische Empfindlichkeit der Pflanzen. Diese Sitzungsberichte, Bd. CII, Abth. I, Februar 1893.

[3] Figdor W., l. c., S. 13 des Sonderabdr.

Versuche.

Keimlinge verschiedener Art wurden bei vollkommenem Abschluss von Licht in kleinen Blumentöpfen gezogen. Sobald sie eine entsprechende Höhe — bei Erbse, Wicke, Linse etwa 2 bis 5 *cm* — erreicht hatten, wurden sie zu den Versuchen verwendet. Vor dem auf einer Thonschale stehenden Blumentopfe wurde eine drei Tage alte Eprouvette-Strichcultur, welche stark leuchtete und an einem vertical in einem mit Sand gefüllten Töpfchen gesteckten Holzstäbchen befestigt war, so aufgestellt, dass sich der leuchtende Strich vor den Keimlingen befand und diese von den Bakterien bestrahlt wurden. Am besten gelingen die Versuche, wenn man die Eprouvette mit dem leuchtenden Strich horizontal, und zwar in der Höhe der wachsenden Regionen der Stengel stellt; viele Keimlinge wachsen dann insgesammt horizontal direct auf den leuchtenden Strich zu.

Die Entfernung der Pflanzen von der Lichtquelle darf nicht groß sein, sie betrug in meinen Versuchen, wenn nicht gerade etwas anderes bemerkt wird, 1 bis 10 *cm*. Das Ganze bedeckte ich mit einem Zinnsturz, sperrte mit etwas Wasser behufs Herstellung eines feuchten Raumes ab und gab über den Zinnsturz, um einen tadellosen Lichtabschluss zu erzielen, noch überdies einen lichtdichten schwarzen Pappsturz.

Ich stellte die Versuche in einem Zimmer an, dessen Temperatur etwa zwischen 15 bis 18° C. schwankte und dessen Luft mit Leuchtgas nicht verunreinigt war, da dieses gewisse Keimlinge (Erbse, Linse, Wicke) zu verschiedenen störenden Krümmungen veranlasst. Höhere Temperaturen sind zu vermeiden, da diese für den *Micrococcus phosphoreus* Cohn die optimale ist und bei höherer Temperatur die Gelatine leicht verflüssigt werden könnte. Als Lichtquelle verwendete ich neben Strichculturen auch mit Vortheil leuchtende Milch in kleinen Erlenmeyerkolben. Derartige Objecte senden nicht nur tage-, sondern oft wochenlang Licht aus, wenn auch mit abnehmender Intensität.

Erster Versuch.

Vicia sativa. Beginn des Experimentes am 26. December 1901. Schon nach 24 Stunden hatten sich sämmtliche 12 Keimlinge unterhalb der nutierenden Spitze in der wachsenden Region dem Lichte zugekrümmt. Nach drei Tagen erschienen die Keimstengel in höchst auffallender Weise horizontal dem leuchtenden Striche zugeneigt.

Ein zweiter, mit derselben Pflanze durchgeführter Versuch, welcher ebenfalls deutlichen positiven Heliotropismus ergab, wurde photographiert. Siehe Fig. 2 der Tafel.

Zweiter Versuch.

Pisum sativum. Versuchsanstellung wie vorher. Beginn 31. December 1901. Nach 24 Stunden sehr deutlicher positiver Heliotropismus. Von 12 Keimlingen waren bis auf zwei, welche von der Lichtquelle am weitesten entfernt waren, alle heliotropisch gekrümmt.

Dritter Versuch.

Ervum Lens. Beginn des Experimentes 13. Jänner 1902. Schon nach 24 Stunden waren alle Keimlinge heliotropisch gekrümmt. In den folgenden Tagen wuchsen sie direct auf die verticalstehende leuchtende Eprouvette zu, an ihr sich anschmiegend um die Eprouvette herum, so dass es den Anschein erweckte, als ob sie um das Proberöhrchen circumnutieren würden. Sie wuchsen also, sowie eine Seite des Proberöhrchens erreicht war, nicht gerade weiter, sondern krümmten sich, weil sie nun die Lichtquelle seitlich oder rücklings hatten, immer dieser folgend um die Strichcultur herum — ein schöner Beweis für die außerordentliche Empfindlichkeit der Linse und die heliotropische Kraft des Bakterienlichtes.

Von dem außerordentlich deutlichen Heliotropismus der Linse gegenüber dem Bakterienlichte dürfte die Fig. 1 der Tafel eine gute Vorstellung geben. Diese Figur stellt einen der zahlreichen Versuche dar, die ich mit Linsenkeimlingen im Bakterienlichte angestellt habe.

Vierter Versuch.

Pisum sativum. Beginn 6. Jänner 1902. Ich versuchte, ob es gelingen würde, die sich horizontal heliotropisch krümmenden Keimlinge sogar aus der horizontalen Lage herauszubringen, wenn man die Lichtquelle tiefer als die Keimlinge stellt. Der Versuch gelang ausgezeichnet. Leuchtende, mit *Micrococcus phosphoreus* inficierte Milch in einem Erlenmeyerkölbchen so vor die Keimlinge gestellt, dass die leuchtende Milchschichte viel tiefer als die wachsende Region der Keimstengel sich befand, bewog die Keimlinge, sich heliotropisch zur Lichtquelle zu krümmen, um dann schief nach abwärts auf die Milch zu zu wachsen.

Fünfter Versuch.

Papaver orientale. Beginn 18. Februar 1902. In die Mitte eines Blumentopfes, der mit 30 etwa 1 *cm* hohen Keimlingen bepflanzt war, wurde in die Mitte eine leuchtende Strichcultur gestellt. Schon nach einem Tage waren alle bis auf eine Entfernung von 3 *cm* stehenden Keimlinge positiv heliotropisch und zwar fast im rechten Winkel zu dem leuchtenden Strich gekrümmt.

Sechster Versuch.

Lepidium sativum. Die Keimlinge dieser Pflanze sind viel weniger heliotropisch empfindlich als die der vorhin genannten Pflanzen. Es war daher von vornherein zu erwarten, dass sie sich etwas anders verhalten dürften. In der That zeigte sich, dass sich Kressekeimlinge nur dann im Bakterienlichte krümmen, wenn sie nur 1 bis 2 *cm* von der Strichcultur entfernt stehen. Weiter entfernt stehende bleiben unter den in meinen Versuchen gebotenen Bedingungen vollkommen vertical.

Siebenter Versuch.

Helianthus annuus. Sonnenblumenkeimlinge blieben vor einer Strichcultur, obwohl sie ausgezeichnet wuchsen, vollständig gerade. Sie zeigten innerhalb fünf Tagen keinen Heliotropismus.

Versuche mit Pilzen.

Achter Versuch.

Da ich gerade sehr schöne Reinculturen von *Xylaria Hypoxylon* L.[1] auf Brod in Erlenmeyerkölbchen zur Verfügung hatte, so stellte ich eine solche Cultur mit jungen, etwa 1 *cm* hohen Fruchtträgern vor eine Strichcultur. Innerhalb acht Tagen konnte ich keinen Heliotropismus constatieren. Als ich aber dieselbe Cultur vor fünf Strichculturen brachte, fand schon nach vier Tagen eine sehr deutliche positiv heliotropische Krümmung bei nahezu allen (40) Fruchtträgern statt. Es wird angegeben, dass *Xylaria Hypoxylon* L. selbst leuchte; ich werde an einem anderen Orte zeigen, dass dies nicht richtig ist.

Neunter Versuch.

Phycomyces nitens Kunze wurde auf Brod im Finstern erzogen. Sobald die Sporangienträger eine Höhe von 1 *cm* erreicht hatten, stellte ich dieselbe unter einen Sturz vor eine leuchtende Strichcultur. Nach einem Tage waren die Fruchtträger in auffallender Weise positiv heliotropisch gekrümmt.

Die ausgeführten Versuche lehren demnach, dass das Bakterienlicht bei heliotropisch empfindlichen Pflanzen sehr deutlichen positiven Heliotropismus hervorzurufen vermag.

Als besonders geeignet für derartige Experimente erwiesen sich Keimlinge der Linse, Saatwicke, Erbse, Mohn und von Pilzen die Fruchtträger von *Phycomyces nitens* Kunze und *Xylaria Hypoxylon* L. Bei den meisten dieser Pflanzen genügt das von einer einzigen Strichcultur ausstrahlende Licht, um rechtwinkelige, positiv heliotropische Krümmungen zu veranlassen.

---

[1] Dieser Pilz zeigt an seinen Fruchtträgern sehr schöne, wochenlange Tropfenausscheidung. Ich benütze *Xylaria Hypoxylon* mit Vorliebe für meine Vorlesungen, um diese Erscheinung sowie den prägnanten Heliotropismus der Fruchtträger zu demonstrieren.

Während den Strahlen des Bakterienlichtes eine ziemlich starke heliotropische Kraft zukommt, fehlt ihnen wenigstens bei der in meinen Versuchen dargebotenen Lichtintensität die chlorophyllerzeugende Kraft völlig.

Ein Ergrünen der Keimlinge fand im Bakterienlichte nicht statt, selbst dann nicht, wenn ich die Keimlinge vor 6 stark leuchtende Strichculturen stellte.

Die Ursache davon kann entweder in der Natur des Lichtes oder in seiner geringen Intensität liegen. Da nun nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Wiesner[1] und Reinke[2] allen sichtbaren Strahlen des Spectrums die Fähigkeit, Ergrünen hervorzurufen, zukommt, so dürfen wir wohl schließen, dass das Nichtergrünen der Keimlinge im Bakterienlichte auf dessen geringe Intensität zurückzuführen ist.

Nach den spectroskopischen Beobachtungen von F. Ludwig[3] mit dem Lichte von *Micrococcus Pflügeri* Ludwig, welcher identisch sein soll mit meiner Versuchspflanze, dem *Micrococcus phosphoreus* Cohn, erstreckt sich das continuierliche Spectrum dieses Bakterienlichtes von der Fraunhoferschen Linie *b* bis ins Violette. Die relativ große heliotropische Wirkung des Bakterienlichtes deutet auf eine vorwiegende Vertretung von der blauen Hälfte des Spectrums angehörigen Strahlen, denn bekanntlich kommt ja diesen die maximale heliotropische Kraft zu, während in der rothen Hälfte die chlorophyllbildende Kraft überwiegt.

Aus meinen Versuchen folgt, dass dem Bakterienlichte neben der bereits bekannten photochemischen Wirkung auf die photographische Platte auch eine physiologische zukommt, denn wir haben gesehen, dass die den Leuchtbakterien in Form von Licht entspringende strahlende Energie photomechanische Leistungen, d. h. heliotropische Krümmungen hervorzurufen vermag.

---

[1] Wiesner J., Entstehung des Chlorophylls, 1877, S. 59.

[2] Reinke J., Sitzungsber. der Berliner Akad., 1893, S. 536.

[3] Ludwig F., Über die spectroskopische Untersuchung photogener Pilze. Zeitschr. für wissensch. Mikroskopie etc. Bd. I (1884), S. 181.

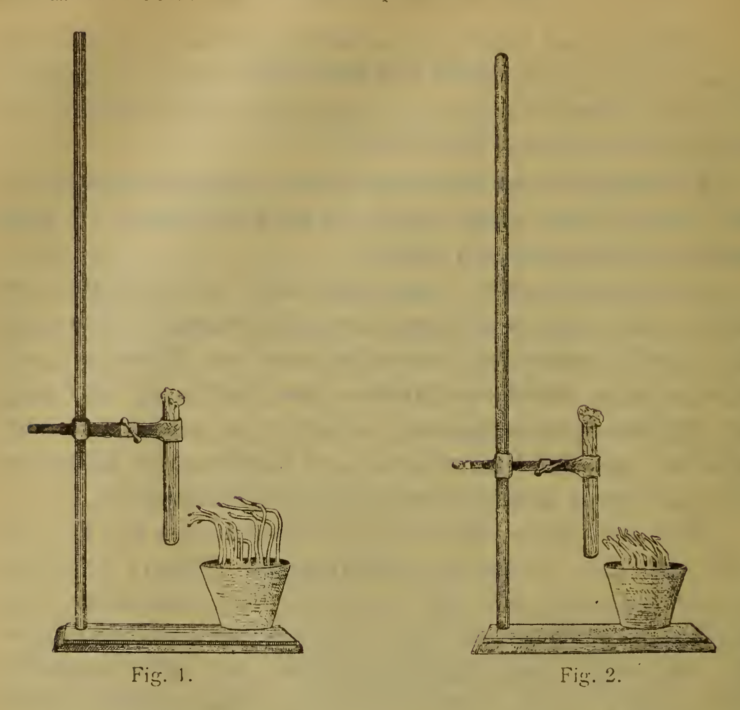


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1 zeigt den Heliotropismus von Linsenkeimlingen, hervorgerufen durch das Licht einer Strichcultur von *Micrococcus phosphoreus* Cohn. Der Querarm des eisernen Stativs trägt eine Eprouvette mit der leuchtenden Strichcultur. Davor steht ein Blumentopf mit Linsenkeimlingen, die, solange sie im Finstern standen, vertical wuchsen, von dem Momente der Beleuchtung an sich aber horizontal zu den leuchtenden Bakterien krümmten.

Fig. 2. Derselbe heliotropische Versuch mit Saatwickenkeimlingen. Alle Keimlinge erscheinen zum Bakterienlichte hingekrümmt.

Beide Versuche wurden unmittelbar nach ihrer Beendigung im Tageslichte photographiert.

Für die gelungene photographische Aufnahme bin ich Herrn Prof. Dr. A. Nestler zu großem Danke verpflichtet.